

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-197620

(43)Date of publication of application : 12.07.2002

(51)Int.Cl. G11B 5/39
G11B 5/02
G11B 5/667

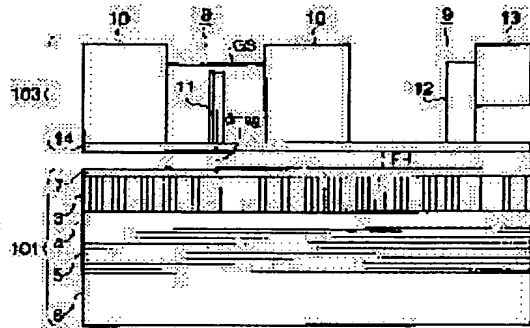
(21)Application number : 2000-396017 (71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 26.12.2000 (72)Inventor : TANAKA YOICHIRO

(54) MAGNETIC DISK DEVICE OF PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING SYSTEM**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the disk drive of a perpendicular magnetic recording system, wherein the disk recording medium of a perpendicular double-layer structure, and a GMR element as a reading head are combined.

SOLUTION: The disk drive of a perpendicular magnetic recording system is provided with the disk 101 of a perpendicular double-layer structure, and a magnetic head 103 including a reading head 8 as a GMR element 11. The GMR element 11 has a linear response dynamic range characteristic larger than the average value of a reproducing magnetic field from the disk 101, and a characteristic capable of evading or suppressing a saturation phenomenon even when there is an effect of a strong reproducing magnetic field.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-197620

(P 2 0 0 2 - 1 9 7 6 2 0 A)

(43) 公開日 平成14年7月12日 (2002.7.12)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード (参考)
G11B 5/39		G11B 5/39	5D006
5/02		5/02	B 5D034
5/667		5/667	5D091

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-396017 (P 2000-396017)

(22) 出願日 平成12年12月26日 (2000.12.26)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 田中 陽一郎

東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会
社東芝青梅工場内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外 6 名)

Fターム(参考) 5D006 BB07 BB08 CA03

5D034 BB14 CA04

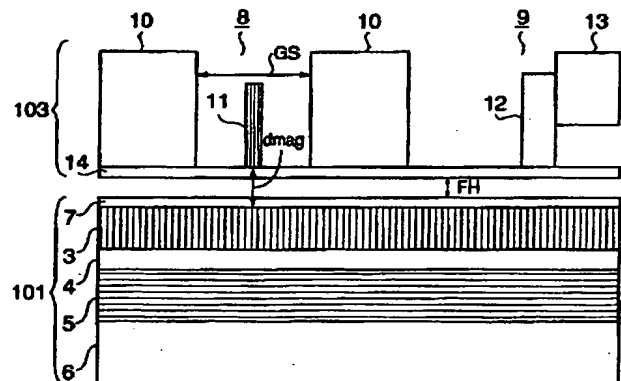
5D091 AA08 CC11 DD03 HH20

(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 垂直2層構造のディスク記録媒体と、リードヘッドとしてGMR素子とを組み合わせた垂直磁気記録方式のディスクドライブを提供することにある。

【解決手段】 垂直磁気記録方式のディスクドライブにおいて、垂直2層構造のディスク101と、GMR素子11を有するリードヘッド8を有する磁気ヘッド103とを備えたドライブである。GMR素子11は、ディスク101からの再生磁界の平均値より大きい線形応答ダイナミックレンジ特性を有し、強い再生磁界が影響した場合でも飽和現象を回避又抑制することが可能な特性を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 垂直磁気記録方式のデータ記録媒体として使用されて、垂直異方性の記録磁性層と軟磁性層とを有する垂直2層構造のディスク記録媒体と、前記ディスク記録媒体からデータを再生するための磁気抵抗効果型のリードヘッド素子を有する磁気ヘッドとを備えた垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置であって、前記リードヘッド素子は、前記ディスク記録媒体からの再生磁界の平均値より大きい線形応答ダイナミックレンジ特性を有することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項2】 垂直磁気記録方式のデータ記録媒体として使用されて、垂直異方性の記録磁性層と軟磁性層とを有する垂直2層構造のディスク記録媒体と、前記ディスク記録媒体からデータを再生するための磁気抵抗効果型のリードヘッド素子を有する磁気ヘッドとを備えた垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置であって、前記リードヘッド素子は、正負どちらかの極性に一樣に磁化された前記ディスク記録媒体からの平均磁界よりも大きい飽和磁界特性を有することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項3】 垂直磁気記録方式のデータ記録媒体として使用されて、垂直異方性の記録磁性層と軟磁性層とを有する垂直2層構造のディスク記録媒体と、前記ディスク記録媒体からデータを再生するための磁気抵抗効果型のリードヘッド素子を有する磁気ヘッドとを備えた垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置であって、前記リードヘッド素子は、正負どちらかの極性に一樣に磁化された前記ディスク記録媒体からの平均磁界よりも大きい最大値を示す線形応答磁界特性を有することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項4】 垂直磁気記録方式のデータ記録媒体として使用されて、垂直異方性の記録磁性層と軟磁性層とを有する垂直2層構造のディスク記録媒体と、前記ディスク記録媒体からデータを再生するための磁気抵抗効果型のリードヘッド素子を有する磁気ヘッドとを備えた垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置であって、前記リードヘッド素子は、正負どちらかの極性に一樣に磁化された前記ディスク記録媒体からの最大磁界よりも大きい人工反強磁性結合磁界を有することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項5】 垂直磁気記録方式のデータ記録媒体として使用されて、垂直異方性の記録磁性層と軟磁性層とを有する垂直2層構造のディスク記録媒体と、前記ディスク記録媒体からデータを再生するための磁気抵抗効果型のリードヘッド素子を有する磁気ヘッドとを備えた垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置であって、前記リードヘッド素子は、人工反強磁性結合磁界を H_{ex} 、シールドギャップ長を G_s 、前記リードヘッド素子から前記記録磁性層の表面までの距離を d_{mag} 、前記記録磁性層の残留磁化を M

r とした場合に、関係式「 $H_{ex} > 8 M_r * \arctan [G_s / (2 d_{mag})]$ 」を満足する特性を有することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項6】 垂直磁気記録方式のデータ記録媒体として使用されて、垂直異方性の記録磁性層と軟磁性層とを有する垂直2層構造のディスク記録媒体と、前記ディスク記録媒体からデータを再生するための磁気抵抗効果型のリードヘッド素子を有する磁気ヘッドとを備えた垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置であって、前記ディスク記録媒体は、前記軟磁性層の磁化方向を固着するためのバイアス磁界印加層を有し、前記リードヘッド素子は、動作点を決定する縦バイアスの方向が、前記バイアス磁界印加層から受ける磁界と同一方向になるような特性を有することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項7】 前記磁気抵抗効果型のリードヘッド素子は、巨大磁気抵抗効果型(GMR)素子から構成されていることを特徴とする請求項1から請求項6のうちのいずれか記載の磁気ディスク装置。

【請求項8】 前記リードヘッド素子は、縦バイアス用のハード磁性膜を有するスピンバルブ型GMR素子であって、フリー層の磁化と膜厚との積 $M_s t$ と、当該ハード磁性膜の残留磁化と膜厚との積 $M_r t$ との比($M_r t / M_s t$)を3以上に設定された特性を有することを特徴とする請求項1から請求項6のうちのいずれか記載の磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般的には垂直記録方式の磁気ディスク装置に関し、特に垂直2層構造のディスク記録媒体を使用した場合に、当該ディスク記録媒体からの漏洩磁界に対するGMR型リードヘッドの再生特性を改善した磁気ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハードディスクドライブを代表とする磁気ディスク装置の分野では、面内磁気記録(長手磁気記録)方式での記録密度の限界を超えるための技術として、垂直磁気記録方式が注目されている。この垂直磁気記録方式の中で、記録媒体として2層構造のディスク記録媒体(以下単にディスクと称する)を使用するディスクドライブの実用化が推進されている。

【0003】2層構造のディスクは、垂直方向の磁気異方性を示す記録磁性層と、当該記録磁性層と基板との間に軟磁性層(裏打ち軟磁性層とも呼ばれる)とを有する。軟磁性層は、データ記録動作時に、ヘッドの一方の磁極から発生する磁束の一部を他方の磁極まで通過させて、いわばヘッドの記録動作を支援するような機能を有するものである。また、2層構造のディスクでは、ヘッドの再生動作時に、記録磁性層の下部である軟磁性層の磁化と再生素子が磁氣的に結合して動作するため、原理

的に軟磁性層が無い場合よりも大きい再生磁界が発生する。

【0004】このような垂直磁気記録方式の2層構造ディスクと、高記録密度の面内磁気記録方式のドライブで使用されている巨大磁気抵抗効果型リードヘッド素子

(以下GMR素子と呼ぶ)とを組み合わせる適用する垂直磁気記録方式のディスクドライブの実用化が図られている(例えば特開平2000-156317号公報を参照)。GMR素子は、高い再生感度特性を有するリードヘッド素子である。通常のディスクドライブでは、当該10 リードヘッド素子と、インダクティブ型ライトヘッド素子とがスライダに実装された磁気ヘッドが、リード/ライトヘッドとして使用される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来のGMR素子は、記録磁性層が相対的に薄い面内磁気記録方式のディスクに適合する様に開発されている。この従来のGMR素子により、垂直方式の2層構造ディスクから、ディスク面に対して垂直方向に磁気的に記録された記録信号を再生する場合に、GMR素子の飽和現象が発生し、再生信号20 に歪みが生じるという問題がある。これは、記録磁性層の記録磁化転移以外の一様に磁化された領域からの一様磁界により、GMR素子の動作点がシフトし、その分ダイナミックレンジが狭くなるために発生すると推定される。

【0006】面内磁気記録方式では、一様に磁化された領域からGMR素子に加わる磁界はほぼゼロであるために、このような問題は発生していなかった。即ち、この問題は、垂直方向の磁気異方性を有するディスクとGMR素子とを組み合わせる場合の特有の問題である。さらに、前述したように、2層構造のディスクでは、ヘッドの再生動作時に、記録磁性層の下部である軟磁性層の磁化状態が関係して、軟磁性層が無い場合よりも、大きい再生磁界が発生するため、GMR素子の飽和までの余裕が小さい。さらに、ディスク上で、一方向に記録された隣接トラックの磁化による一様磁界(漏洩磁界)が加わり、それがGMR素子の飽和を引き起こすという問題もある。

【0007】そこで、本発明の目的は、垂直2層構造のディスク記録媒体と、リードヘッドとしてGMR素子と40 とを組み合わせる垂直磁気記録方式のディスクドライブにおいて、当該ディスク記録媒体からの漏洩磁界によるGMR素子の飽和を回避または抑制し、結果として再生信号の品質を向上できる磁気ディスク装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、垂直磁気記録方式のディスクドライブにおいて、垂直方向の磁気異方性を示す記録磁性層と、当該記録磁性層の下部層として軟磁性層とを有する垂直2層構造のディスク記録媒体、50

及び磁気抵抗効果型素子(好ましくはGMR素子)からなるリードヘッドを使用するディスクドライブに関するものである。本発明の特徴は、特にGMR素子の飽和現象及びそれによる再生信号歪みを回避又は抑制できる構成にある。

【0009】具体的には、本発明は、垂直2層構造のディスク記録媒体と、磁気抵抗効果型のリードヘッド素子を有する磁気ヘッドとを備えた垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置であって、リードヘッド素子は、ディスク記録媒体からの再生磁界の平均値より大きい線形応答ダイナミックレンジ特性を有する構成である。

【0010】このような構成により、ディスク記録媒体からの再生磁界が相対的に強い垂直磁気記録方式のドライブに、高感度のGMR素子などのリードヘッド素子を適用した場合でも、当該リードヘッド素子の漏洩磁界による飽和現象を回避することが可能となる。従って、リードヘッド素子から高品質の再生信号を確保することが可能であるため、高記録密度化に有効な垂直磁気記録方式と、GMR素子などのリードヘッド素子とを組み合わせたディスクドライブを実現することが可能となる。

【0011】要するに、本発明の第1の観点は、GMR素子等のリードヘッド素子と垂直2層構造のディスクとを組み合わせるドライブにおいて、応答特性の線形応答ダイナミックレンジを、ディスクから受ける再生磁界の平均値より大きくなるように設定したリードヘッド素子を使用するディスクドライブである。この場合、再生磁界の平均値は、再生ヘッドの真下のトラックからの再生信号の磁界と周辺トラックからの再生磁界(漏洩磁界)との平均値である。

【0012】本発明の第2の観点としては、リードヘッド素子として使用するGMR素子の飽和磁界 H_s を、正負どちらかの極性に一様に磁化されたディスクから当該GMR素子に加わる平均磁界 H_{mu} よりも大きく設定したリードヘッド素子を使用するディスクドライブである。

【0013】本発明の第3の観点としては、当該GMR素子の線形応答磁界の最大値 H_{opmax} を、正負どちらかの極性に一様に磁化されたディスクから当該GMR素子に加わる平均磁界 H_{mu} よりも大きく設定したリードヘッド素子を使用するディスクドライブである。

【0014】本発明の第4の観点としては、当該GMR素子の局所的な磁化反転を防ぐために、当該GMR素子の人工反強磁性結合磁界 H_{ex} を、正負どちらかの極性に一様に磁化されたディスクから当該GMR素子に加わる最大磁界 H_{max} よりも大きく設定したリードヘッド素子を使用するディスクドライブである。

【0015】本発明の第5の観点としては、当該GMR素子の人工反強磁性結合磁界を H_{ex} 、シールドギャップ長を G_s 、スライダのABS (air bearing surface) e) に配置されたGMR素子の端部から記録磁性層の表

面までの距離を d_{mag} 、当該記録磁性層の残留磁化を M_r とした場合に、関係式「 $Hex > 8M_r \cdot \arctan[G_s / (2d_{mag})]$ 」を満足する特性を有するリードヘッド素子を使用するディスクドライブである。

【0016】本発明の第6の観点としては、軟磁性層の磁化方向を固着するためのバイアス磁界印加層を有するディスクを使用し、動作点を決定する縦バイアスの方向が、前記バイアス磁界印加層から受ける磁界と同一方向になるような特性を有するリードヘッド素子を使用するディスクドライブである。

【0017】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

【0018】（ディスクドライブの構成）図1は、同実施形態に関する垂直磁気記録方式のディスクドライブの要部を示す。同ディスクドライブは、ドライブ本体である筐体（上部カバーを省略している）107の内部に、ディスク101、スピンドルモータ（SPM）102、及びアクチュエータからなるドライブ機構が組み込まれた構成である。

【0019】アクチュエータは、ヘッド103を搭載しているサスペンションを含むアーム104と、当該アーム104をディスク101上の半径方向に移動させるボイスコイルモータ（VCM）105とからなる。アクチュエータは、データのリード／ライト動作時には、ヘッド103をディスク101上の半径方向に移動させる。また、アクチュエータは、リード／ライト動作の停止時には、ヘッド103をディスク101上から、ディスク101の外側に配置されたランプ部材（図示せず）に退避させるアンロード動作を実行する。

【0020】筐体107には、プリアンプ回路などを実装している回路基板106が配置されている。プリアンプ回路は、FPC（フレキシブル・プリント・ケーブル）を介してヘッド103と接続しており、リード／ライト信号の伝送を行なう。

【0021】ヘッド103は、後述するGMR素子からなるリードヘッド素子と、インダクティブ型ライトヘッド素子とがスライダに実装された磁気ヘッドである。ディスク101は、後述するように、垂直方向の磁気異方性を有する記録磁性層と、当該記録磁性層とディスク基板との間に介在する軟磁性層（裏打ち軟磁性層）とを有する垂直2層構造の記録媒体である。

【0022】（ヘッドとディスクの構造）以下図1を参照して、同実施形態に関するヘッド103及びディスク101の構造を説明する。

【0023】ヘッド103は、図1に示すように、図示しない基板（AlO-TiC基板）上に形成された巨大磁気抵抗効果型素子（GMR素子）からなるリードヘッド8と、インダクティブ型ライトヘッド9とから構成さ

れる。リードヘッド8は、一对の磁気シールド10の間に、GMR素子11が配置された構造である。GMR素子11は、例えば人工交換結合型スピンバルブGMR素子であって、PtMn/CoFe/Ru/NiFe/CoFe/Cu/CoFe/NiFe/Taの膜構成を有する。シールド間隔、つまりシールドギャップ長 G_s は、例えば100nmである。GMR素子11の垂直方向の高さ H は、例えば300nmである。

【0024】ライトヘッド9は、ディスク101に対向する垂直単磁極型の記録磁極12を有する。さらに、ライトヘッド9は、当該記録磁極12の後方に磁氣的に接続されて配置されたヨーク13を有する。このヨーク13を通して、記録コイル（図示せず）により励磁されて、ライトヘッド9はディスク101に対して強い垂直方向の記録磁界を発生させる。

【0025】ヘッド103は、ヘッド本体であるスライダ上にリード／ライトヘッド8、9が実装されている。スライダは、ディスク101上に浮上するためのABS（air bearing surface）を有する。このABSには、表面保護用の保護膜14が例えば3nmの厚さで設けられている。この保護膜14は、例えばカソードイックアーク法で成膜したDLC保護膜から構成される。

【0026】当該スライダのABSには、ディスク101の回転に伴う空気流による正圧を発生させるためのパターンが形成されている。スライダは、当該正圧によりディスク101上に浮上し、例えばディスク101の回転数4200rpmの場合にディスク101の中周位置（半径23mmとする）での浮上量 FH が例えば15nm程度となる。この関係から、図1に示すように、ディスク101の記録磁性層3の表面からGMR素子11のディスク側表面との距離、即ち磁気スペーシング d_{mag} は、浮上量 FH （例えば15nm）、保護膜14の厚さ（例えば3nm）、ディスク101の保護膜7の厚さ（例えば3nm）の合計（例えば21nm）である。

【0027】一方、ディスク101は、アルミノシリケート系ガラスまたは結晶化ガラス材質の例えば直径64mm（約2.5インチ）の基板6上に、軟磁性層（裏打ち層）5と、結晶制御層4と、記録磁性層3とが積層されている。軟磁性層5は、例えばスパッタリング形成法により形成される。記録磁性層3は、軟磁性層5上に結晶制御層4を介して形成されており、良好な垂直磁気異方性を有する記録層である。記録磁性層3は、例えばCo、Cr、Pt、TaやCo、Pt、Cr、OなどからなるHCP結晶構造のC軸が膜面に対して垂直方向に配向し、それに起因する高い垂直磁気異方性を有する磁性膜である。CoPtCrO膜を用いた例では、Pt濃度20at%、Cr濃度12at%であり、結晶粒界領域に酸素が偏析した微細構造を持つ。

【0028】同実施形態の垂直磁気記録方式のディスク101は、従来の面内磁気記録方式のディスクと比較し

て、厚い膜厚で高い記録分解能が達成でき、その分磁性粒子体積が増すことから、熱揺らぎ耐性に優れるという特徴を持つ。同実施形態では、CoPtCrOからなる垂直異方性の記録磁性層3の膜厚は、例えば25nmに設定されている。結晶制御層4は、例えばRu材質で膜厚tが例えば5nm程度に設定されている。軟磁性層5は、積層[CoFeTaC/C]nからなり、積層数nは10で層5全体の膜厚は例えば90nmである。また、記録磁性層3の上部には、カソーディックアーク法で形成されたダイヤモンドライクカーボン(DLC)からなる保護膜7が形成されている。保護膜7の厚さは、例えば3nm程度である。ここで、記録磁性層3の飽和磁化 M_s は、例えば250emu/cc(3.95T)である。また、記録磁性層3の残留磁化 M_r は、例えば245emu/cc(3.87T)である。すなわち、角形比(M_r/M_s)は、例えば0.98である。

【0029】(GMR素子の特性)図2は、同実施形態のGMR素子11における再生電圧の磁界応答特性を示す特性図である。即ち、同実施形態のGMR素子11は、縦バイアス磁界が大きく設定されて、直線的な動作範囲、つまりリニアリティが確保される範囲が、例えば ± 39.7 kA/mに設定されている。このため、同実施形態のGMR素子11は、ディスク101からの強い再生磁界が印加されても飽和しないように設定されている。この場合、GMR素子11の磁界応答特性における飽和磁界 H_s は、例えば39.7 kA/mである。具体的には、スピンバルブGMR素子のCeFe/NiFeフリー層の磁化と膜厚との積 $M_s t$ と、縦バイアス用にスライダの端部に設けられたCoPt系ハード磁性膜(図示せず)の残留磁化と膜厚との積 $M_r t$ との比 $M_r t/M_s t$ が3以上、好ましくは4.0に設定されている。GMR素子11内の再生平均磁界として、39.7 kA/mのディスク101からの磁界が流入しても、GMR素子11の再生応答特性が飽和しないように設定されている。

【0030】図3は、同実施形態のGMR素子11からの再生波形(出力波形)を示す図である。当該再生波形は、後述する飽和現象が起きている再生波形(図9を参照)との比較から明白であるように、飽和現象が見られない波形であることが確認された。なお、図3の縦軸は、GMR素子11からなるリードヘッドのヘッド出力(再生出力)であり任意単位である。

【0031】図4は、同実施形態のGMR素子11がディスク101から受ける垂直方向の磁界分布のシミュレーション結果である。図中、縦軸はGMR素子11の内部磁界(H_y)を示し、横軸はGMR素子11の位置に相当し、ディスク101表面からの距離(y)を示す。GMR素子11の位置としては、例えば21nmから321nmの範囲の距離yである。

【0032】要するに、このシミュレーションは、ディ

スク101の記録磁性層3の磁化が一方向に様に磁化した状態、つまり「 $M_r=3.87$ T」の残留磁化状態にある場合に、GMR素子11が一对の磁気シールド10の隙間からの漏洩磁界(H_{ys} , H_y , H_{yb})に対する垂直方向の磁界の分布(41, 40, 42)を示したものである。 H_{ys} は記録磁性層3の表面の磁化からの寄与、 H_{yb} は記録磁性層3の裏面からの寄与で、GMR素子11には H_{ys} と H_{yb} の和 H_y が印加される。

【0033】図5は、図4に示すシミュレーション結果において、GMR素子11の位置50、GMR素子11内部の再生平均磁界51、及び最大磁界強度52のそれぞれとの関係を示す図である。図5から、GMR素子11内の再生平均磁界51(H_{mu})は最大で例えば36.1(kA/m)であり、当該GMR素子11は、従来の面内磁気記録方式でのGMR素子が受ける漏洩磁界(ディスクからの磁界)の2ないし3倍の強い磁界を受けることがわかる。GMR素子11内部の磁界分布は、前述のGMR素子11の磁界応答特性のリニアリティが確保される範囲 ± 39.7 (kA/m)以内に収まっている。この場合、関係式「再生平均磁界 H_{mu} <飽和磁界 H_s 」が成立する。ここで、GMR素子11の線形応答範囲の最大磁界強度(H_{opmax})は例えば37.3(kA/m)である。この最大磁界強度(H_{opmax})と、再生平均磁界(H_{mu})との関係式「 $H_{opmax}>H_{mu}$ 」が成立する。図6は、GMR素子11の出力に対する平均磁界応答特性を示す図であり、最大磁界強度(H_{opmax})、飽和磁界 H_s 、及び人工反強磁性結合磁界(H_{ex})の関係を示す。

【0034】図8及び図9はそれぞれ、従来の面内磁気記録方式に適合するGMR素子の再生電圧の磁界応答特性及びその再生波形を示す図である。同実施形態のGMR素子11と比較して、図8に示すように、ディスクからの漏洩磁界の強度が ± 31.8 kA/m前後から飽和現象が顕著になる。このため、図9に示すように、GMR素子の出力波形は、飽和現象の影響(90)が現れた再生波形となる。

【0035】ここで、同実施形態のGMR素子11との比較例として取り上げた面内磁気記録方式に適合するGMR素子では、磁界応答特性における飽和磁界 H_s は、例えば15.9乃至23.8(kA/m)程度である。この条件では、関係式「再生平均磁界 $H_{mu}>$ 飽和磁界 H_s 」となり、前述の望ましい条件式「 $H_{mu}<H_s$ 」を満足しない。最大磁界強度(H_{opmax})は、正方向に15.9(kA/m)程度、また負方向に4.0(kA/m)程度であり、いずれも平均磁界(H_{mu})の値よりも小さくなっている。スピンバルブGMR素子のフリー層の磁化と膜厚との積 $M_s t$ と、縦バイアス用にスライダの端部に設けられたCoCr系ハード磁性膜(図示せず)の残留磁化と膜厚との積 $M_r t$ との比「 $M_r t/M_s t$ 」

r_t/Mst は、3より小さく、2.5程度である。

【0036】以上のように同実施形態のGMR素子11は、特に垂直2層構造のディスク101の記録磁性層3からの再生磁界（漏洩磁界）の平均磁界（ H_{mu} ）が36.1（kA/m）に達するほどの強い磁界強度の場合においても、飽和現象を回避又は抑制することが可能となる。従って、特に垂直2層構造のディスク101を使用する垂直磁気記録方式のディスクドライブにおいて、同実施形態のGMR素子11をリードヘッドとして使用した場合に、飽和現象による歪みのない高品質の再生信号を確保することができる。これにより、高記録密度化に有効な垂直磁気記録方式と、当該垂直磁気記録方式に適合したGMR素子を使用したリードヘッド素子とを組み合わせたディスクドライブを実現することが可能となる。

【0037】（変形例1）本変形例は、GMR素子11として、スペキュラ・人工交換結合型スピンバルブGMR素子を想定している。GMR素子11を使用したリードヘッド8の構造は、基本的に図1に示す同実施形態の場合と同様である。

【0038】本変形例に関するGMR素子11は、Pt/Mn/CoFe/Ru/NiFe/CoFe/Cu/CoFe/NiFe/CeFeO/Taの膜構成を有する。また、シールド間隔、つまりシールドギャップ長（ G_s ）は、例えば100nm程度である。GMR素子の垂直方向の高さ（ H ）は、例えば300nm程度である。人工交換結合磁界（ H_{ex} ）は、例えば158.8（kA/m）程度である。

【0039】ここで、前述したように、ライトヘッド9は、ディスク101に対向する垂直単磁極型の記録磁極12を有する。さらに、ライトヘッド9は、当該記録磁極12の後方に磁氣的に接続されて配置されたヨーク13を有する。このヨーク13を通して、記録コイル（図示せず）により励磁されて、ライトヘッド9はディスク101に対して強い垂直方向の記録磁界を発生させる。

【0040】ヘッド103は、ヘッド本体であるスライダ上にリード/ライトヘッド8、9が実装されている。スライダは、ディスク101上に浮上するためのABS（air bearing surface）を有する。このABSには、表面保護用の保護膜14が例えば3nmの厚さで設けられている。この保護膜14は、例えばカソーディックアーク法で成膜したDLC保護膜から構成される。

【0041】当該スライダのABSには、ディスク101の回転に伴う空気流による正圧を発生させるためのパターンが形成されている。スライダは、当該正圧によりディスク101上に浮上し、例えばディスク101の回転数4200rpmの場合にディスク101の中周位置（半径2.3mmとする）での浮上量FHが例えば15nm程度となる。この関係から、図1に示すように、ディスク101の記録磁性層3の表面からGMR素子11の

ディスク側表面との距離、即ち磁気スペーシング d_{mag} は、浮上量FH（例えば15nm）、保護膜14の厚さ（例えば3nm）、ディスク101の保護膜7の厚さ（例えば3nm）の合計（例えば21nm）である。

【0042】このとき、GMR素子11に印加される磁界の最大値である最大磁界強度（ H_{opmax} ）は、シミュレーション計算により図5の H_y （40）に示されるように、例えば118.1（kA/m）程度となる。ディスク101からの磁界 H_y は、GMR素子11の内部に侵入するに従い減衰するので、GMR素子11の高さ（ H ）全体での平均磁界（ H_{mu} ）となる。この平均磁界（ H_{mu} ）は、例えば36.1（kA/m）程度となる。さらに、GMR素子11の人工反強磁性結合磁界（ H_{ex} ）は、例えば158.8（kA/m）程度であり、一様に磁化されたディスク101から最も近い部分に局所的に加わる最大磁界（ H_{max} ）の例えば118.1（kA/m）よりも大きく設定してある。これにより、GMR素子11の人工交換結合は、垂直磁気ディスクからの強い磁界によっても反転させられることなく、安定な再生動作を得ることができる。

【0043】ここで、GMR素子11の人工反強磁性結合磁界を H_{ex} 、シールドギャップ長を G_s 、ヘッドABS面のGMR端部から記録磁性層3の表面までの距離を d_{mag} 、当該記録磁性層3の残留磁化を M_r と想定する。この場合、シールドの隙間から見える記録磁性層3の表面、つまり、幅 G_s で長さ無限近似のストライプに、表面磁荷 M_r が一様に存在すると想定する。そして、周辺トラックまで含め同様DC磁化状態となった場合に、ディスク101の最大磁界の状況を推定すると、当該ディスク101から最も近いGMR素子11の部分に印加される磁界強度（ H ）は、関係式「 $H=8M_r \cdot \arctan[G_s/(2d_{mag})]$ 」で近似的に表現できる。このとき、GMR素子の人工反強磁性結合磁界（ H_{ex} ）を、当該磁界強度（ H ）より大きく設定する（ $H_{ex}>H$ ）。これにより、GMR素子11の人工交換結合は、ディスク101からの強い磁界によっても反転させられることなく、安定な再生動作を得ることができる。

【0044】（変形例2）図7は、同実施形態の変形例2に関する図である。

【0045】図7は、GMR素子20と垂直磁気記録方式のディスク21との配置を、トラック幅方向からみた断面図である。GMR素子20には、GMR感磁部分22と、その両端部分にGMR感磁部分22に対して縦バイアス磁界23を与えるハード磁性膜24が設けられている。ハード磁性膜24は、GMR感磁部分22のフリー層において、ディスク面に平行な方向で、且つ一様な磁化状態（29）を生成するように作用するバイアス磁界を発生させる機能を有する。

【0046】ディスク21は、垂直異方性の記録磁性層

25と、その下部に裏打ち層として設けられた軟磁性層26と、ハード磁性膜27とを有する。このハード磁性膜27は、軟磁性層26の磁壁発生を抑制するために、軟磁性層26の界面で交換結合されている。また、ハード磁性膜27の磁化28は、トラック幅方向に一様に着磁されている。

【0047】ディスク21のハード磁性膜27の磁化28、および磁化28との交換結合により同方向に向けられた軟磁性層26の磁化(図示せず)により、GMR感磁部分22の内部に、磁界29を発生させる。

【0048】ディスク21の記録磁性層25からの強い再生磁界を受けながら、GMR感磁部分22が飽和しないで動作するためには、ディスク21のハード磁性膜27からの磁界29を、GMR素子20のハード磁性膜24から発生される縦バイアス磁界23と同方向にすることが有効である。逆方向に設定した場合には、縦バイアス磁界の効果を弱める方向に作用し、GMR素子20の動作が非常に不安定になる。

【0049】このような構成により、ディスク21から強い再生磁界がGMR素子20に加えられた場合においても、GMR感磁部分22は、ハード磁性膜24から発生される縦バイアス磁界23と同方向に磁界29を発生させることが可能となるため、飽和現象を起こすことなく動作する。従って、特に垂直2層構造のディスク21を使用する垂直磁気記録方式のディスクドライブにおいて、同変形例のGMR素子20をリードヘッドとして使用した場合に、飽和現象による歪みのない高品質の再生信号を確保することができる。これにより、高記録密度化に有効な垂直磁気記録方式と、当該垂直磁気記録方式に適合したGMR素子を使用したリードヘッド素子とを組み合わせたディスクドライブを実現することが可能となる。

【0050】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、垂直2層構造のディスク記録媒体からの漏洩磁界又は再生磁界の影響がある場合でも、再生信号に歪みのない安定した再生動作を行なうことが可能なGMR素子からなるリードヘッド素子を実現できる。従って、ディスク記録媒体からの再生磁界が相対的に強い垂直磁気記録方式のドライブに、高感度のGMR素子などのリードヘッド素子を適用した垂直磁気記録方式のディスクドライブを実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態に関するGMR素子及びディスクの構造を説明するための概念図。

【図2】 同実施形態に関するGMR素子における再生電

圧の磁界応答特性を示す図。

【図3】 同実施形態に関するGMR素子の再生波形(出力波形)を示す図。

【図4】 同実施形態に関するGMR素子がディスクから受ける垂直方向の磁界分布のシミュレーション結果を示す図。

【図5】 図4に示すシミュレーション結果において、GMR素子の位置、GMR素子内部の再生平均磁界、及び最大磁界強度のそれぞれとの関係を示す図である。

10 【図6】 同実施形態に関するGMR素子での出力に対する平均磁界応答特性を示す図。

【図7】 同実施形態の変形例2に関するGMR素子及びディスクの構造を説明するための概念図。

【図8】 従来の面内磁気記録方式に適合するGMR素子の再生電圧の磁界応答特性を示す図。

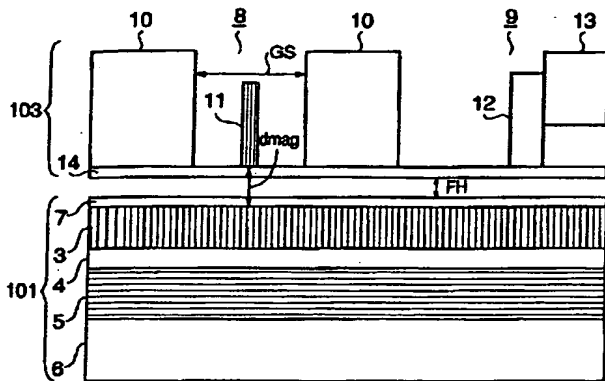
【図9】 従来の面内磁気記録方式に適合するGMR素子の再生波形を示す図である。

【図10】 同実施形態に関するディスクドライブの要部を示す図。

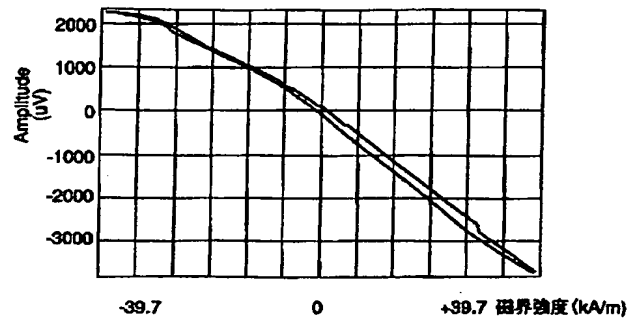
【符号の説明】

- 3…記録磁性層
- 4…結晶制御層
- 5…軟磁性層(裏打ち層)
- 6…基板
- 7…保護膜
- 8…リードヘッド
- 9…ライトヘッド
- 10…磁気シールド
- 11…GMR素子
- 30 12…記録磁極
- 13…ヨーク
- 14…保護膜
- 20…GMR素子
- 21…ディスク
- 22…GMR感磁部分
- 24…ハード磁性膜
- 25…垂直異方性の記録磁性層
- 26…軟磁性層(裏打ち層)
- 27…ハード磁性膜
- 40 101…ディスク
- 102…スピンドルモータ
- 103…ヘッド
- 104…アーム
- 105…ボイスコイルモータ
- 106…回路基板
- 107…筐体

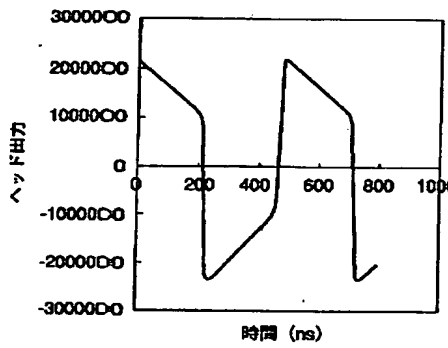
【図1】



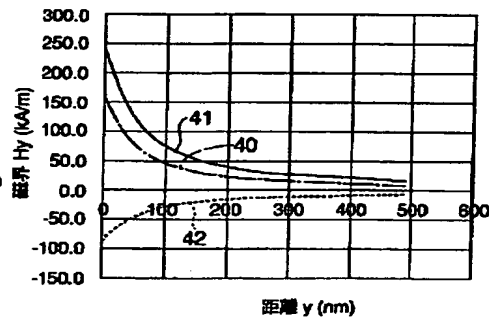
【図2】



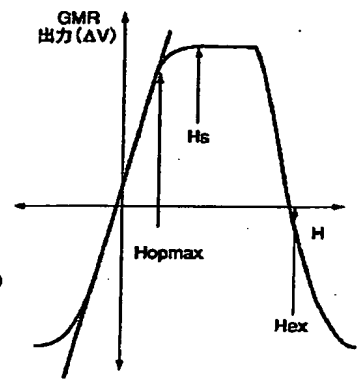
【図3】



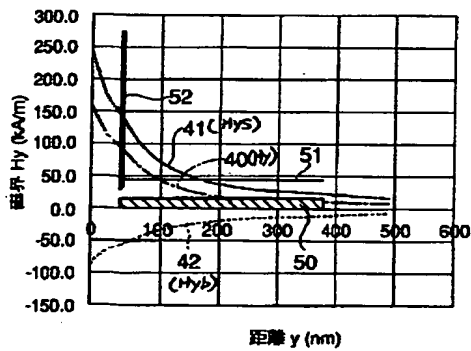
【図4】



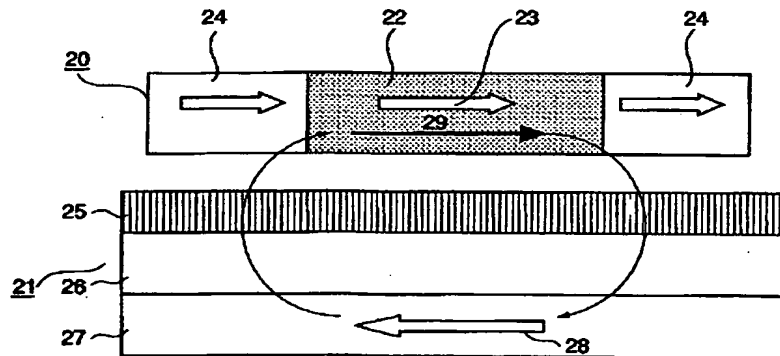
【図6】



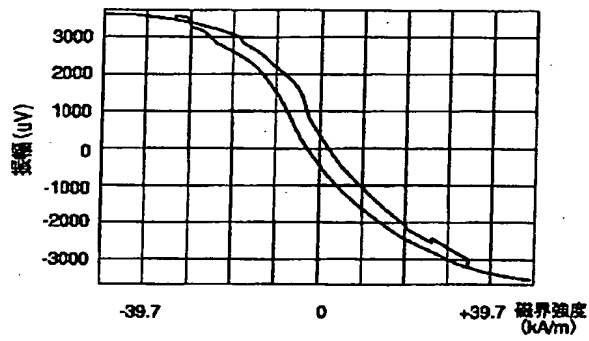
【図5】



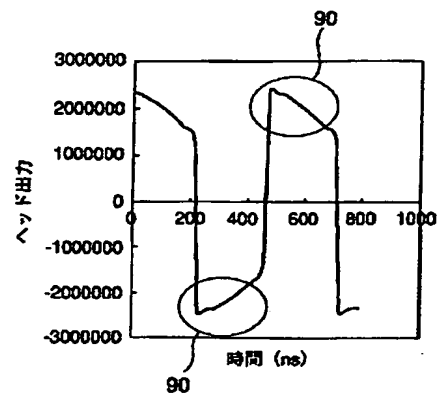
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

